

7. 10  
(1)

# THREE-DIMENSIONAL SHAPE PLOTTING SYSTEM PROVIDED WITH INNER FORCE SENSE GRID

**Publication number:** JP2002297310 (A)

**Publication date:** 2002-10-11

**Inventor(s):** YAMADA TOSHIRO; TSUBOUCHI DAISUKE

**Applicant(s):** TELECOMM ADVANCEMENT ORG JAPAN; Gifu PREFECTURE

**Classification:**

- international: G06F17/50; G06F3/00; G06F3/01; G06F3/033; G06T17/40; G06F17/50; G06F3/00; G06F3/01; G06F3/033; G06T17/40; (IPC1-7): G06F3/033; G06F3/00; G06F17/50; G06T17/40

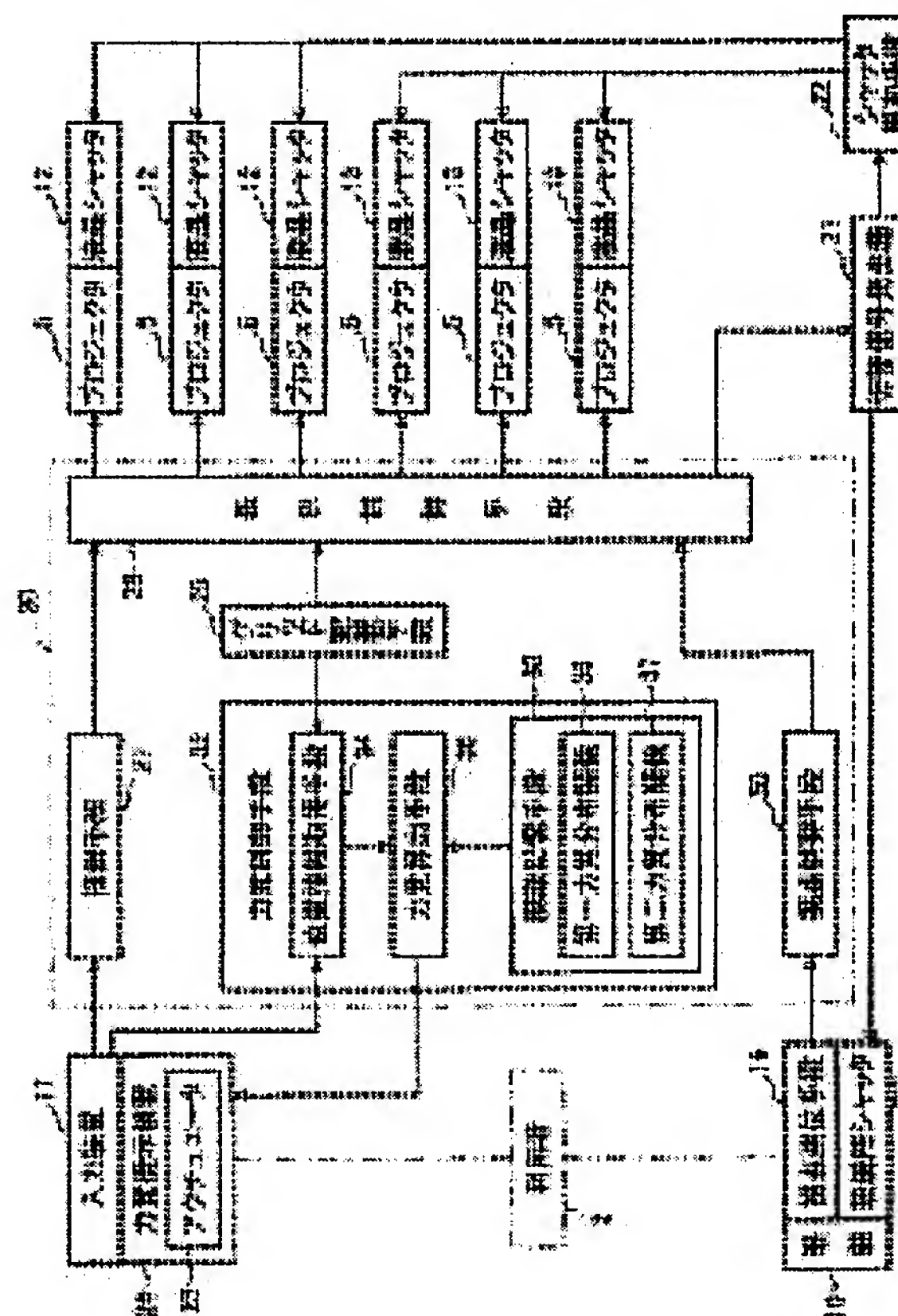
- European:

**Application number:** JP20010095391 20010329

**Priority number(s):** JP20010095391 20010329

## Abstract of JP 2002297310 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a three-dimensional shape plotting system capable of operating video directly by facilitating the recognition of an absolute position in vertical space by an inner force sense grid and equalizing the presenting space of a stereoscopic video and an operation space for performing input operation to each other.; **SOLUTION:** The three-dimensional shape plotting system is provided with a display device for displaying a prescribed virtual space visually, an input device 17 for inputting information on plotting operation to be carried out by a user 2, a tactile force presenting device 24 provided at the device 17 for presenting tactile force sense to the plotting operation, a plotting means 27 for plotting an object in a three-dimensional shape on the virtual space based on information inputted from the device 17, a grid arrangement means 29 for arranging a grid in the virtual space based on a prescribed rule, and an inner force sense control means 32 making the device 24 present the tactile force sense corresponding to the positional relation between a pointer showing the plotting position of the plotting operation and an optional grid.



Data supplied from the esp@cenet database — Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-297310  
(P2002-297310A)

(43)公開日 平成14年10月11日(2002. 10. 11)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト*(参考)
G 0 6 F 3/033	3 1 0	G 0 6 F 3/033	3 1 0 Y 5 B 0 4 6
3/00	6 0 1	3/00	6 0 1 5 B 0 5 0
17/50	6 0 2	17/50	6 0 2 A 5 B 0 8 7
G 0 6 T 17/40		G 0 6 T 17/40	B 5 E 5 0 1
			F

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 9 頁)

(21)出願番号 特願2001-95391(P2001-95391)

(22)出願日 平成13年 3 月29日(2001. 3. 29)

特許法第30条第 1 項適用申請有り 2001年 1 月16日 社  
団法人日本機械学会発行の「第10回設計工学・システム  
部門講演会 講演論文集」に発表

(71)出願人 592256623

通信・放送機構

東京都港区芝 2 -31-19

(71)出願人 391016842

岐阜県

岐阜県岐阜市藪田南 2 丁目 1 番 1 号

(72)発明者 山田 俊郎

東京都港区芝 2 -31-19 通信・放送機構  
内

(74)代理人 100098224

弁理士 前田 勘次

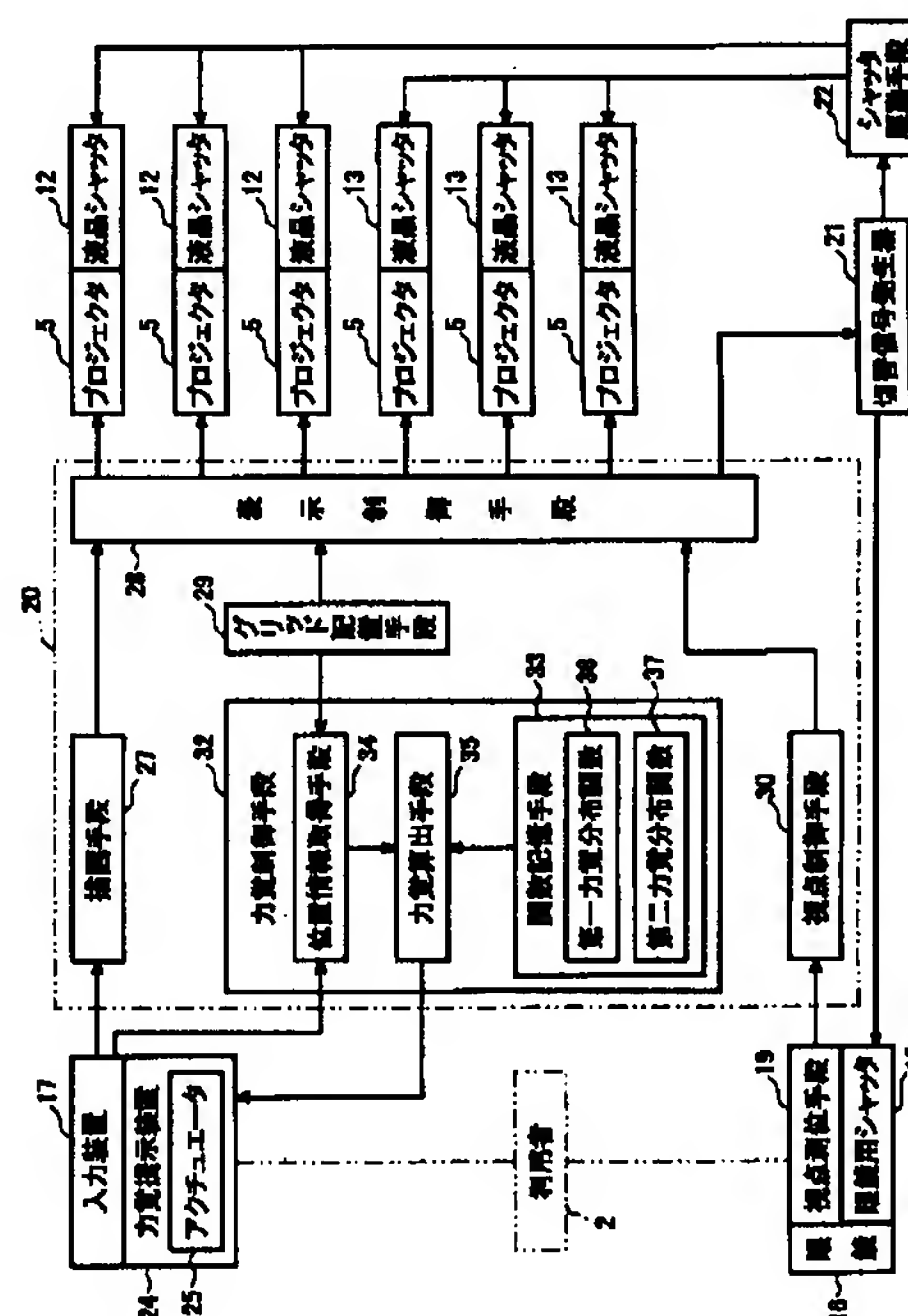
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 力覚グリッドを備えた三次元形状描画システム

(57)【要約】

【課題】 力覚グリッドによって、仮想空間における絶対位置の認識を容易なものとし、さらに、立体映像の提示空間と入力操作を行なう作業空間とを同一のものとすることで、直接映像に操作を行なえる三次元形状描画システムを提供する。

【解決手段】 三次元形状描画システムは、所定の仮想空間を視覚的に表示するための表示装置と、利用者 2 により実施される描画操作の情報を入力するための入力装置 17 と、入力装置 17 に設けられ描画操作に対して力覚を提示するための力覚提示装置 24 と、入力装置 17 により入力される情報に基づいて、仮想空間上に三次元形状のオブジェクトを描画する描画手段 27 と、仮想空間上にグリッドを所定の規則に基づいて配置するグリッド配置手段 29 と、描画操作の描画位置を示すポインタ及び任意のグリッドの位置関係に応じた力覚を、力覚提示装置 24 に提示させる力覚制御手段 32 とを具備する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定の仮想空間を視覚的に表示するための表示装置と、  
利用者により実施される描画操作の情報を入力するための入力装置と、  
該入力装置に設けられ、前記描画操作に対して力覚を提示するための力覚提示装置と、  
前記入力装置により入力される情報に基づいて、前記仮想空間上に三次元形状のオブジェクトを描画する描画手段と、  
点、直線または平面で示されるグリッドを、前記仮想空間上に所定の規則に基づいて配置するグリッド配置手段と、  
前記仮想空間上における前記描画操作の描画位置を示すポイント及び任意の前記グリッドの位置関係に応じた力覚を、前記力覚提示装置に提示させる力覚制御手段と、  
前記ポイント、前記グリッド及び前記三次元形状のオブジェクトを含む前記仮想空間を、前記表示装置に表示させる表示制御手段とを具備することを特徴とする力覚グリッドを備えた三次元形状描画システム。

【請求項 2】 前記表示装置は、  
前記利用者の前方に配置されるスクリーンと、  
該スクリーンに前記仮想空間の映像を投影させるプロジェクタと、  
前記利用者に装着され、前記スクリーンに投影された前記仮想空間の映像の立体視を実現させる眼鏡とを有することを特徴とする請求項 1 に記載の力覚グリッドを備えた三次元形状描画システム。

【請求項 3】 前記表示装置に対する前記利用者の視点位置を検知する視点測位手段と、  
該視点測位手段による検知結果に応じて、前記表示手段に表示される前記三次元形状のオブジェクトの視角度及び視体積を変更させる視点制御手段とをさらに具備することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の力覚グリッドを備えた三次元形状描画システム。

【請求項 4】 前記力覚制御手段には、前記仮想空間上の任意のグリッドと前記ポイントとの位置関係に応じて、提示すべき力覚を変動させるように規定する力覚分布関数が設定されており、  
前記力覚制御手段は、前記ポイント及び該ポイントに最寄のグリッドの位置情報を取得し、取得した該位置情報から前記力覚分布関数に基づいて力覚の大きさを算出し、算出された大きさの力覚を前記力覚提示装置に提示させるように制御することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一つに記載の力覚グリッドを備えた三次元形状描画システム。

【請求項 5】 ある種類の前記力覚分布関数では、前記グリッドに対して点対称な力覚ポテンシャルを与えることを規定するとともに、  
前記力覚制御手段は、前記グリッドの方向に力覚を提示

させるように制御することを特徴とする請求項 4 に記載の力覚グリッドを備えた三次元形状描画システム。

【請求項 6】 ある種類の前記力覚分布関数では、前記グリッドに対して面対称な力覚ポテンシャルを与えることを規定するとともに、  
前記力覚制御手段は、前記仮想空間で直交する座標軸の夫々の方向について算出された力覚を合成し、合成された方向に力覚を提示させるように制御することを特徴とする請求項 4 に記載の力覚グリッドを備えた三次元形状描画システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、コンピュータ等により創出される仮想空間上で、三次元形状を描画するためのシステムに関し、特に、利用者による入力操作に力覚を伴わせることによって、その空間認知を補助することができる、力覚グリッドを備えた三次元形状描画システムに関するものである。

【0002】

【従来の技術】コンピュータ等により創出される仮想空間上で、立体映像を直接的に操作させるとともに、現実性の高い感覚を提示させるための開発が行なわれている。その一つとして、入力手段に力覚提示装置を備えるものが知られている（例えば特開 2000-353183 号公報）。これは、力覚提示装置に備えられたアクチュエータを映像に対して制御することにより、仮想空間上でオブジェクトに触った感覚を利用者に返すものである。これにより、映像の提示と力覚の提示とを組合せることができ、仮想空間上に形成されたオブジェクトを三次元構造体として、現実性の高い感覚で認識させることができる。また、この装置では、粘土細工を模倣した操作体系及び力覚の提示を行なうことから、利用者は、粘土細工のようにオブジェクトを伸ばしたり潰したりするというような相対的な座標変化を力覚で感じることができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記の装置においては、オブジェクトすなわち操作対象が存在しない仮想空間では、力覚が作用することなく、描画操作の描画位置を示すポイントが自由に移動可能な環境となっていた。このため、入力操作における絶対位置の把握が困難であり、CAD (computer aided design) のように細かな操作を行なうことが困難であった。つまり、CAD で図を作成する場合、全くフリーな状態で作図の始点や終点を与えることは少なく、平面上に配置されたグリッド点や他の線分の端点を基準として作図する場合が多い。しかし、上記の装置では、そのような使い方を行なうことが困難であり、作業性を上げることができなかった。

【0004】また、従来の装置では、表示される映像の



座標系と、入力装置によって位置入力を行なう作業座標系との間にオフセットが生じていた。このため、仮想空間上で直接作図するという感覚を十分に得ることができない可能性があった。

【0005】そこで、本発明の課題は、上記の実情に鑑み、仮想空間における絶対位置の認識を容易なものとし、さらに、立体映像の提示空間と、入力操作を行なう作業空間とを同一のものとする事で、直接映像に操作を行なえる作業空間を実現することである。

【0006】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明にかかる力覚グリッドを備えた三次元形状描画システムは、所定の仮想空間を視覚的に表示するための表示装置と、利用者により実施される描画操作の情報を入力するための入力装置と、該入力装置に設けられ、前記描画操作に対して力覚を提示するための力覚提示装置と、前記入力装置により入力される情報に基づいて、前記仮想空間上に三次元形状のオブジェクトを描画する描画手段と、点、直線または平面で示されるグリッドを、前記仮想空間上に所定の規則に基づいて配置するグリッド配置手段と、前記仮想空間上における前記描画操作の描画位置を示すポイント及び任意の前記グリッドの位置関係に応じた力覚を、前記力覚提示装置に提示させる力覚制御手段と、前記ポイント、前記グリッド及び前記三次元形状のオブジェクトを含む前記仮想空間を、前記表示装置に表示させる表示制御手段とを具備するものである。

【0007】したがって、請求項1の発明の三次元形状描画システムによれば、利用者が入力装置を用いて描画操作を実施すると、描画操作に関する情報が描画手段に入力され、描画手段の処理により仮想空間上に三次元形状のオブジェクトが描画される。ここで、仮想空間は、表示制御手段によって表示装置に視覚的に表示されるため、利用者は表示装置に表示された仮想空間上で三次元形状のオブジェクトを視覚的に認識することが可能になる。

【0008】一方、仮想空間上には、所定の規則に基づいて配置されたグリッドが設けられている。グリッドとは、点、直線または平面で示され、例えば格子状に配置されたものである。つまり、作図を行なう際に基準とすることが可能なガイドである。このため、利用者は、描画操作を実施する際、仮想空間上に表示されたグリッドに、描画操作の描画位置を示すポイントを合わせることで、絶対位置を視覚的に認識することが可能になる。特に、本発明では、この描画操作に対して力覚を提示するための力覚提示装置が入力装置に設けられており、力覚制御手段の処理により、描画操作の描画位置を示すポイントと任意のグリッドとの位置関係に応じた力覚が提示される。これにより、利用者は映像のみではなく、力覚によって、作業空間の座標系を把握することが可能になる。

【0009】請求項2の発明にかかる力覚グリッドを備えた三次元形状描画システムは、請求項1に記載の三次元形状描画システムにおいて、前記表示装置は、前記利用者の前方に配置されるスクリーンと、該スクリーンに前記仮想空間の映像を投影させるプロジェクタと、前記利用者に装着され、前記スクリーンに投影された前記仮想空間の映像の立体視を実現させる眼鏡とを有するものである。

10 【0010】したがって、請求項2の発明の三次元形状描画システムによれば、請求項1の発明の作用に加え、プロジェクタと眼鏡とを組み合わせることにより立体視を可能にしている。例えば投影レンジの前に液晶シャッターを有するプロジェクタを少なくとも二台設け、利用者の右目、左目用の映像を交互に投影するとともに、プロジェクタの液晶シャッターの切替に同期して眼鏡に設けられたシャッターを駆動することにより、時分割立体視を可能にする。

20 【0011】請求項3の発明にかかる力覚グリッドを備えた三次元形状描画システムは、請求項1または請求項2に記載の三次元形状描画システムにおいて、前記表示装置に対する前記利用者の視点位置を検知する視点測位手段と、該視点測位手段による検知結果に応じて、前記表示手段に表示される前記三次元形状のオブジェクトの視角度及び視体積を変更させる視点制御手段とをさらに具備するものである。

30 【0012】したがって、請求項3の発明の三次元形状描画システムによれば、請求項1または請求項2の発明の作用に加え、視点測位手段、例えば利用者の眼鏡に取付けられた磁気性の位置姿勢計測装置によって利用者の視点位置が検知され、視点制御手段は、検知結果に応じて、三次元形状のオブジェクトの視角度及び視体積を変更させる。すなわち、視点測位手段によって得られる視点位置を元に、表示装置との位置関係を計算し、三次元形状のオブジェクトの視角度及び視体積を計算する。これにより、視点位置に関係なく、表示される立体映像の座標系及び原点の位置が不変であることが保証され、入力装置が存在する作業空間における座標系と、立体映像の座標系との一致が可能となる。

40 【0013】請求項4の発明にかかる力覚グリッドを備えた三次元形状描画システムは、請求項1乃至請求項3のいずれか一つに記載の三次元形状描画システムにおいて、前記力覚制御手段には、前記仮想空間上の任意のグリッドと前記ポイントとの位置関係に応じて、提示すべき力覚を変動させるように規定する力覚分布関数が設定されており、前記力覚制御手段は、前記ポイント及び該ポイントに最寄のグリッドの位置情報を取得し、取得した該位置情報から前記力覚分布関数に基づいて力覚の大きさを算出し、算出された大きさの力覚を前記力覚提示装置に提示させるように制御するものである。

50 【0014】したがって、請求項4の発明の三次元形状

描画システムによれば、請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一つの発明の作用に加え、力覚制御手段は、描画操作の描画位置を示すポインタと、それに最も近いグリッドとの位置関係を位置情報として取得し、予め設定された力覚分布関数に基づいて力覚の大きさを算出する。つまり、力覚提示装置によって提示される力覚の大きさを、ポインタとグリッドとの位置関係に応じて変化させる。

【0015】請求項 5 の発明にかかる力覚グリッドを備えた三次元形状描画システムは、請求項 4 に記載の三次元形状描画システムにおいて、ある種類の前記力覚分布関数では、前記グリッドに対して点対称な力覚ポテンシャルを与えることを規定するとともに、前記力覚制御手段は、前記グリッドの方向に力覚を提示させるように制御するものである。

【0016】したがって、請求項 5 の発明の三次元形状描画システムによれば、請求項 4 の発明の作用に加え、最も近いグリッドに向かって落ち込むようなポテンシャル場、換言すればどの方向からも距離に応じた吸引力が生じるような力覚が提示される。

【0017】請求項 6 の発明にかかる力覚グリッドを備えた三次元形状描画システムは、請求項 4 に記載の三次元形状描画システムにおいて、ある種類の前記力覚分布関数では、前記グリッドに対して面対称な力覚ポテンシャルを与えることを規定するとともに、前記力覚制御手段は、前記仮想空間で直交する座標軸の夫々の方向について算出された力覚を合成し、合成された方向に力覚を提示させるように制御するものである。

【0018】したがって、請求項 6 の発明の三次元形状描画システムによれば、請求項 4 の発明の作用に加え、三次元空間の  $x-y$ 、 $y-z$ 、 $x-z$  平面に平行な平面に向かって落ち込むような力覚ポテンシャルの場合、すなわちポインタを平面上に拘束するような面対称な力覚が提示される。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の一実施形態である力覚グリッドを備えた三次元形状描画システム（以下、描画システム 1 と称す）について、図 1 乃至図 5 に基づき説明する。図 1（a）は描画システム 1 の利用状態を示す平面図であり、図 1（b）は描画システム 1 の利用状態を示す側面図である。また、図 2 は描画システム 1 の構成を説明するためのブロック図であり、図 3 は仮想空間における映像の見え方を示す説明図であり、図 4 及び図 5 は力覚分布関数を説明するためのグラフである。

【0020】本実施形態の描画システム 1 は、図 1 に示すように、表示装置として利用者 2（作業員）の前方に配設されたスクリーン 3 と、スクリーン 3 の後方に配設されたミラー 4 と、ミラー 4 を介してスクリーン 3 上に仮想空間の映像を投影させるプロジェクタ 5 とを備えている。

【0021】スクリーン 3 は、広画角を得ることができ

るように、利用者 2 の正面の正面スクリーン 6 と、右斜め前の右面スクリーン 7 と、左斜め前の左面スクリーン 8 とから構成され、利用者 2 を取り囲むように配設されている。なお、各スクリーン 6、7、8 間の角度は約 120 度に設定されており、全体的に開いた状態となっている。また、机上での作業を想定して、利用者 2 の視線が水平よりも下を向くように、各スクリーン 6、7、8 は約 60 度傾斜した状態で立設されている。さらに、各スクリーン 6、7、8 の継目の裏側には遮光板（図示しない）が設けられており、これにより、隣接するプロジェクタ 5 の光が映り込むことを防止している。

【0022】ミラー 4 は、各スクリーン 6、7、8 に対応して配設された正面ミラー 9、右面ミラー 10、及び左面ミラー 11 から構成され、プロジェクタ 5 から放射された映像の光を夫々反射させ、各スクリーン 6、7、8 上に映像を投影させる。

【0023】プロジェクタ 5 は、各スクリーン 6、7、8 に対応して二台ずつ配設されている。そして、その内の一台が右目の映像投影用として機能し、他の一台が左目の映像投影用として機能する。つまり、右目の映像投影用として機能するプロジェクタ 5 には、投影レンズ（図示しない）の前に右目用液晶シャッター 12（図 2 参照）が設けられ、左目の映像投影用として機能するプロジェクタ 5 には、投影レンズの前に左目用液晶シャッター 13 が設けられている。そして、シャッター駆動手段 22 によって各液晶シャッター 12、13 の光透過状態を時分割で切替えることにより、各スクリーン 6、7、8 上に、右目用の映像及び左目用の映像が交互に切替わり投影される。

【0024】また、図 1 には示していないが、利用者 2 は、眼鏡 16 を装着し、入力装置 17 を手に持った状態で作業を行なう。図 2 に示すように、眼鏡 16 には右目及び左目のいずれか一方の目のみを視覚可能とするための眼鏡用シャッター 18 が設けられている。眼鏡用シャッター 18 は、液晶シャッターから構成されており、制御装置 20 によって駆動される切替信号発生器 21 の出力信号に基づいて利用者 2 の右目または左目のいずれか一方を交互に塞ぐように光の通過が制御される。なお、切替信号発生器 21 の出力信号はシャッター駆動手段 22 にも送出されている。つまり、眼鏡用シャッター 18 は、プロジェクタ 5 における右目用液晶シャッター 12 及び左目用液晶シャッター 13 の切替信号に同期するように制御される。このように、各液晶シャッター 12、13 と眼鏡用シャッター 18 とを組合せ、同期させて時分割でシャッターリングすることにより、スクリーン 3 上に投影された仮想空間において映像の立体視が実現される。

【0025】また、眼鏡 16 には、視点測位手段 19 が取付けられている。この視点測位手段 19 は、例えば磁気式の位置姿勢計測装置から構成され、スクリーン 3 に対する利用者 2 の視点位置を検知するものである。



【0026】一方、入力装置17は、利用者2により実施される描画操作の情報を入力するためのものであり、仮想空間上において作業位置を指示する入力ペン17a（図3参照）、描画の実行の有無を指示する切替スイッチ（図示しない）、及び入力ペン17aのペン先の位置を検出する位置検出手段（図示しない）等から構成されている。そして、利用者2が入力ペン17aを持ち、作業空間上で移動させることにより描画操作を行なうと、位置検出手段で検出されたペン先の位置に関する情報が描画操作の情報として制御装置20に入力される。

【0027】入力装置17の入力ペン17aには、力覚提示装置24が接続されている。力覚提示装置24は、入力ペン17aを任意の方向に移動させることができるように、入力ペン17aを六自由度で支持する支持機構（図示しない）を備えている。さらに支持機構には、入力ペン17aに、指定された大きさの力を指定された方向に与えることが可能なアクチュエータ25が設けられている。

【0028】制御装置20は、コンピュータ等を含み、ハード構成として、主記憶手段、演算手段、及び制御手段からなる中央処理装置と、キーボードやマウス等の入力手段と、コンピュータ内で処理された情報を取出す出力手段とを備えている。また、機能的構成として、描画手段27、表示制御手段28、グリッド配置手段29、視点制御手段30、及び力覚制御手段32を備えている。

【0029】機能的構成について具体的に説明すると、描画手段27は、入力装置17によって入力される情報、すなわち描画操作の情報に基づいて、仮想空間上に三次元形状のオブジェクト38（図3参照）を描画するとともに、描画操作の描画位置を示すポインタI（入力ペン17aのペン先の位置に対応）を表示させるものである。また、グリッド配置手段29は、仮想空間上に作業座標系として、点形状のグリッドGを、所定の規則に基づいて例えば格子状に配置するものである。なお、ポインタIとグリッドGとは互いに異なる色で表示される。また、グリッドGは点形状に限定させるものではなく、直線または平面で示すようにしてもよい。

【0030】表示制御手段28は、描画操作の描画位置を示すポインタI、作業座標系を示すグリッドG、及び描画手段27により作成されたオブジェクト38を含む仮想空間を、スクリーン3上に視覚的に表示させるものである。表示制御手段28の出力信号は、六台のプロジェクタ5及び切替信号発生器21に送られる。

【0031】また、視点制御手段30は、視点測位手段19による検知結果に応じて、三次元形状のオブジェクト38の視角度及び視体積を変更する。つまり、スクリーン3に対して利用者2の視点が変わると、それに従って、グリッドGの位置や、オブジェクト38の見た目の角度及び体積を変更させることで、利用者2の視点が移

動してもオブジェクト38が同じ場所にあるように表示させる。

【0032】これにより、図3に示すように、同じ形状のオブジェクト38に対して、スクリーン3を正面から見ると（a）のように見えるが、スクリーン3を斜め左方から見ると（b）のように見え、またスクリーン3を斜め上方から見下ろすと（c）のように見える。このように、視点制御手段30により、三次元形状のオブジェクト38を自由な方向から見せることが可能になる。また、利用者2の視点が変わっても入力ペン17aのペン先と、スクリーン3上に表示されるポインタIとを常に合致させた状態で見せることができる。なお、図3では、グリッドGを例示的に複数個だけ示したが、実際はさらに細分化された多数のグリッドGが表示され、しかも三次元空間を認識しやすいようにグリッドGの大きさは奥側ほど小さくなるように表示される。また、図3では、ポインタIが任意のグリッドG上に位置した状態を示している。

【0033】力覚制御手段32は、描画操作の描画位置を示すポインタIと、そのポインタIの最寄のグリッドGとの位置関係に応じて、力覚の大きさ及び方向を求め、力覚提示装置24によって力覚を提示させるものである。具体的には、力覚制御手段32は、関数記憶手段33、位置情報取得手段34、及び力覚算出手段35を有している。そして、関数記憶手段33には、例えば二つの力覚分布関数36、37が記憶されている。

【0034】ここで、力覚分布関数とは、ポインタIとグリッドGとの位置関係に応じて、力覚を変動させるように規定するための関数であり、第一力覚分布関数36は、グリッドGに対して点対称な力覚ポテンシャルを与えることを規定し、第二力覚分布関数37は、グリッドGに対して面对称な力覚ポテンシャルを与えることを規定する。具体的に、第一力覚分布関数36は、ポインタIが最寄のグリッドGに落ち込むようなポテンシャルの場、換言すればどの方向から距離に応じた力が返るような力覚を提示するパターンであり、その一形態として、例えば図4（a）に示すような比例型の提示パターンを挙げられることができる。この提示パターンは、グリッドGに向かって働く力（吸引力という）の影響範囲を、グリッドGを中心とする半径Rの内部とし、中心点で最大の力Fが得られ、離れてゆくほど吸引力が小さくなるパターンである。しかし、このパターンではグリッドG付近におけるポインタIの微妙な動きによって、方向の異なる大きな力が絶えず発生するため、安定した力の提示が困難となる恐れがある。

【0035】そこで、この不具合を解消するために考えられたのが、図4（b）に示すような中心部で力が減衰する比例型の提示パターンである。この提示パターンは、外側からグリッドGに向かうほど吸引力が増加するが、グリッドGからの距離がPのところでは減少に転じ、

グリッドG上では力がかからないパターンである。さらに、この変形例として、図4(c)に示すような二次関数型と、図4(d)に示すような平方根型とを挙げることができる。これらはグリッドGからの距離に対して力の大きさを曲線的に変化させるものである。

【0036】一方、第二力覚分布関数37は、ポインタIが三次元空間のx-y, y-z, x-z平面に平行な平面に向かって落ち込むような力覚ポテンシャルの場合、すなわちポインタIを平面上に拘束するような面対称な力覚を提示するパターンであり、その具体的な形態として、図5に示す四つのパターンを挙げることができる。なお、図5のグラフは、x, y, zの任意の一軸方向について、グリッドGからの距離と提示する力の大きさ及び方向とを示したものである。横軸の軸方向の変位は、グリッドGを中心としてポインタIの位置のずれを示し、縦軸の大きさは、紙面左向きにポインタIを移動させる力を発生する場合を正として示している。これらの力覚提示パターンはx, y, zの三軸方向に個別に適用され、合力が提示力となる。

【0037】図5(a)に示した連続引き込み型は、図4(a)に示した比例型を面対称の力覚提示に当てはめたものである。一つの軸方向についてみると、力覚の提示パターンは図4(a)と同じであるが、二軸方向が合成された場合には違った提示パターンを示す。例えば、ポインタIのx軸座標がグリッドGと同じ点にあれば、y軸及びz軸の座標値にかかわらずグリッドGを通りy-z平面に平行な平面上にポインタIを拘束するような力が働く。また、x軸、y軸の座標がグリッドGと同じ座標にあれば、z軸の座標値にかかわらず、グリッドGを通りz軸に平行な直線上にポインタIを拘束するような力が働く。

【0038】図5(b)に示した溝型は、連続引き込み型のRを0に近づけたものであり、幅Pの二倍の範囲にだけ拘束される力を提示するものである。二次元的なイメージで示すと、グリッドG間で格子状に引かれた溝に落ち込むような力覚提示である。これによれば、大部分の空間においてポインタIが拘束されることなく自由に動かすことができるようになる。また、図5(c)に示した二段階引き込み型は、二段階で溝に落ち込むような力を提示するパターンである。

【0039】図5(d)に示した障壁乗り越え型は、グリッドGから反発する力を返し、その力に逆らってグリッドGに近づけると、スナップするパターンである。これを二次元的なイメージで示すと、溝の両側に山があり、それを乗り越えると溝に落ち込むような力覚提示である。

【0040】このように、関数記憶手段33に記憶された第一力覚分布関数36または第二力覚分布関数37に基づいて、力覚提示装置24が制御される。つまり、位置情報取得手段34は、入力装置17及びグリッド配置

手段29の出力に基づいて、ポインタIとその最寄のグリッドGとの位置情報を取得し、力覚算出手段35へ位置情報を出力する。力覚算出手段35では、第一力覚分布関数36または第二力覚分布関数37に基づいて、位置情報から力覚の大きさを算出する。

【0041】次に、本実施形態の描画システム1の動作について説明する。利用者2が入力装置17の入力ペン17aを用いて描画操作を実施すると、描画操作に関する情報が描画手段27に入力され、描画手段27の処理により仮想空間上に三次元形状のオブジェクト38が描画される。ここで、仮想空間は、表示制御手段28によってスクリーン3に投影されるため、利用者2はスクリーン3に表示された仮想空間上で三次元形状のオブジェクト38を視覚的に認識することが可能になる。特に、プロジェクタ5に備えられた各液晶シャッタ12, 13及び眼鏡用シャッタ18の組合わせにより、オブジェクト38を含む仮想空間を立体視することが可能になる。

【0042】一方、仮想空間上には、例えば格子状に配置されたグリッドGが設けられているため、利用者2は、描画操作を実施する際、仮想空間上に表示されたグリッドGに、描画操作の描画位置を示すポインタIを合わせることで、絶対位置を視覚的に認識することが可能になる。さらに、描画操作の描画位置を示すポインタIと最寄のグリッドGとの位置関係に応じた力覚が提示されるため、利用者2は映像のみではなく、力覚によって、作業空間の座標系を把握することが可能になる。

【0043】このように、上記の描画システム1では、力覚の提示によって、作業空間の座標系を把握することができるため、三次元形状のオブジェクト38を設計するにあたって、例えば直線や直角等の幾何学的形状を作成したり、あるいは形状部品を仮想空間へ配置したりする作業を容易に行なうことができる。

【0044】また、上記の描画システム1では、スクリーン3上に三次元形状のオブジェクト38を含む仮想空間を視覚的に表示させることができる。したがって、利用者2は、三次元形状のオブジェクト38を視覚的に認識しながら設計を行なうことができ、設計作業における作業性を上げることができる。

【0045】また、上記の描画システム1では、利用者2の視点が移動してもオブジェクト38が同じ場所にあるように表示させることができる。また、スクリーン3に対して視点の位置を移動させることにより、オブジェクト38を自由な方向から見ることも可能である。したがって、仮想空間におけるオブジェクト38の現実感を一層向上させることができる。

【0046】さらに、上記の描画システム1では、力覚提示装置24によって提示される力覚の大きさを、ポインタIとグリッドGとの位置関係に応じて変化させることができる。したがって、ポインタIをグリッドGに安定して拘束させることが可能になるとともに、操作性を

高めることができる。

【0047】以上、本発明について好適な実施形態を挙げて説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されるものではなく、以下に示すように、本発明の要旨を逸脱しない範囲において、種々の改良及び設計の変更が可能である。

【0048】すなわち、上記実施形態の描画システム1では、関数記憶手段33に二つの力覚分布関数36、37を記憶するものを示したが、いずれか一方の力覚分布関数のみ記憶するようにしてもよい。この場合、面対称な力覚ポテンシャルを与える第二力覚分布関数37を選ぶことが好ましい。つまり、点対称な力覚ポテンシャルの場合、グリッドG間隔に対して影響範囲Rを小さくするとグリッドGが補足しづらくなり、逆に大きくすると絶えず力がかかるため、かえって作業の邪魔になる恐れがあるが、面対象な力覚ポテンシャルの場合には、影響範囲Rを小さくしても点ではなく平面や直線に拘束されるため、平面上にスナップ、直線上にスナップ、及びグリッドG上にスナップという順序で容易に目的のグリッドGにスナップすることが可能になるためである。また、上記実施形態の描画システム1では、グリッドGを格子状に配設するものを示したが、これに限定されるものではなく、例えば放射状に配設してもよい。

【0049】

【発明の効果】以上のように、請求項1の発明の力覚グリッドを備えた三次元形状描画システムは、仮想空間上において、描画操作の描画位置を示すポイントと任意のグリッドとの位置関係に応じた力覚が提示されるため、利用者は映像のみではなく、力覚によって、作業空間の座標系を把握することができる。このため、三次元形状のオブジェクトの設計を容易に行なわせることができる。

【0050】請求項2の発明の力覚グリッドを備えた三次元形状描画システムは、請求項1の発明の効果に加えて、スクリーン上に三次元形状のオブジェクトを含む仮想空間を視覚的に表示させることができる。したがって、利用者は、三次元形状のオブジェクトを視覚的に認識しながら設計を行なうことができる。

【0051】請求項3の発明の力覚グリッドを備えた三次元形状描画システムは、請求項1または請求項2の発明の効果に加えて、利用者の視点が移動してもオブジェクトが同じ場所にあるように表示させることができる。

また、表示装置に対して視点の位置を移動させることにより、オブジェクトを自由な方向から見ることが可能である。したがって、仮想空間におけるオブジェクトの現実感を一層向上させることができる。

【0052】請求項4～請求項6の発明の力覚グリッドを備えた三次元形状描画システムは、請求項1乃至請求項3のいずれか一つの発明の効果に加えて、力覚提示手段によって提示される力覚の大きさを、ポイントとグリッドとの位置関係に応じて変化させることができる。したがって、操作点となるポイントをグリッドに拘束させることが可能になるとともに、操作性を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態である描画システムの利用状態を示す平面図及び側面図である。

【図2】本発明の一実施形態である描画システムの構成を説明するためのブロック図である。

【図3】仮想空間における映像の見え方を示す説明図である。

【図4】本発明の一実施形態である描画システムにおける力覚分布関数を説明するためのグラフである。

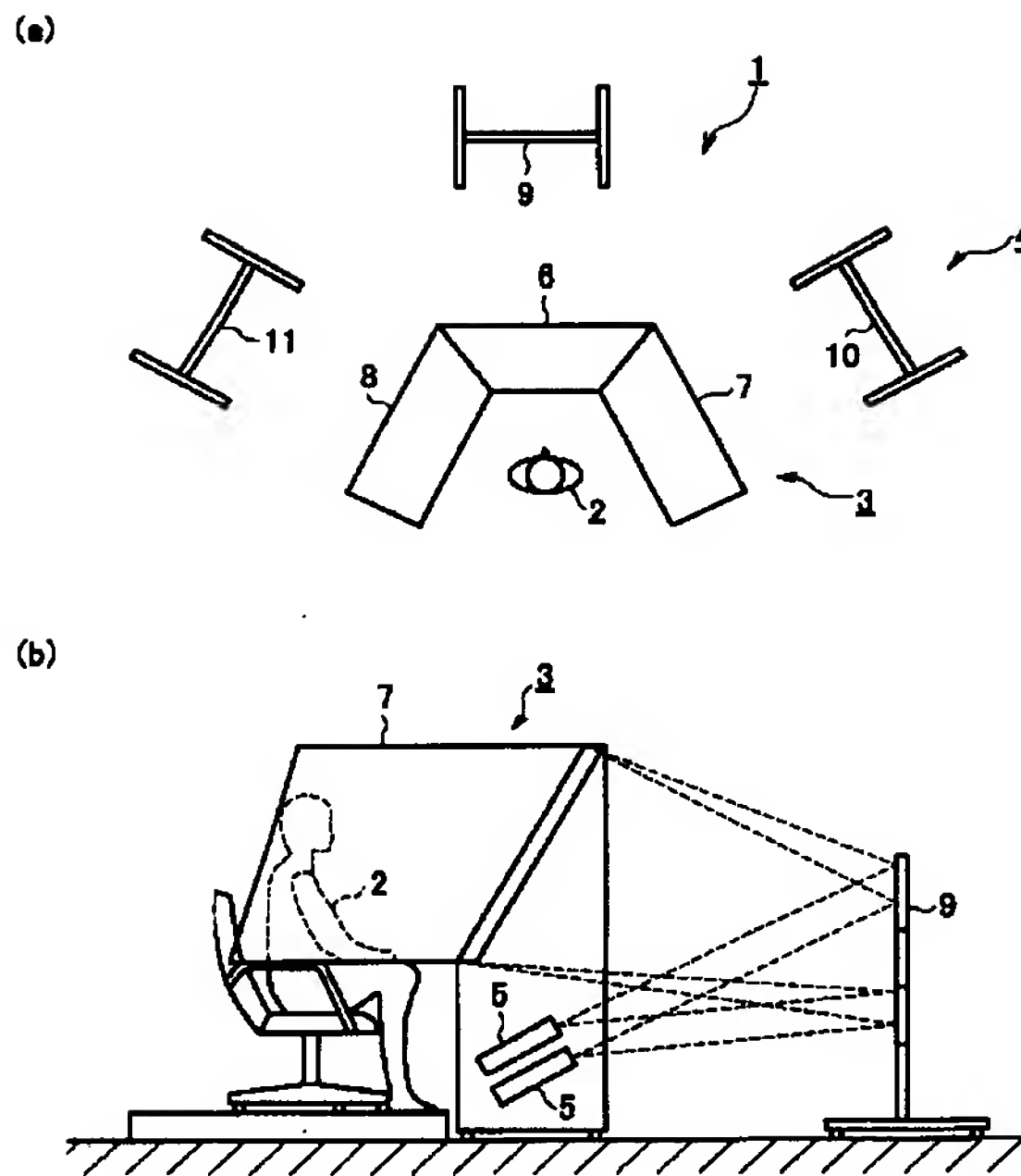
【図5】本発明の一実施形態である描画システムにおける力覚分布関数を説明するためのグラフである。

【符号の説明】

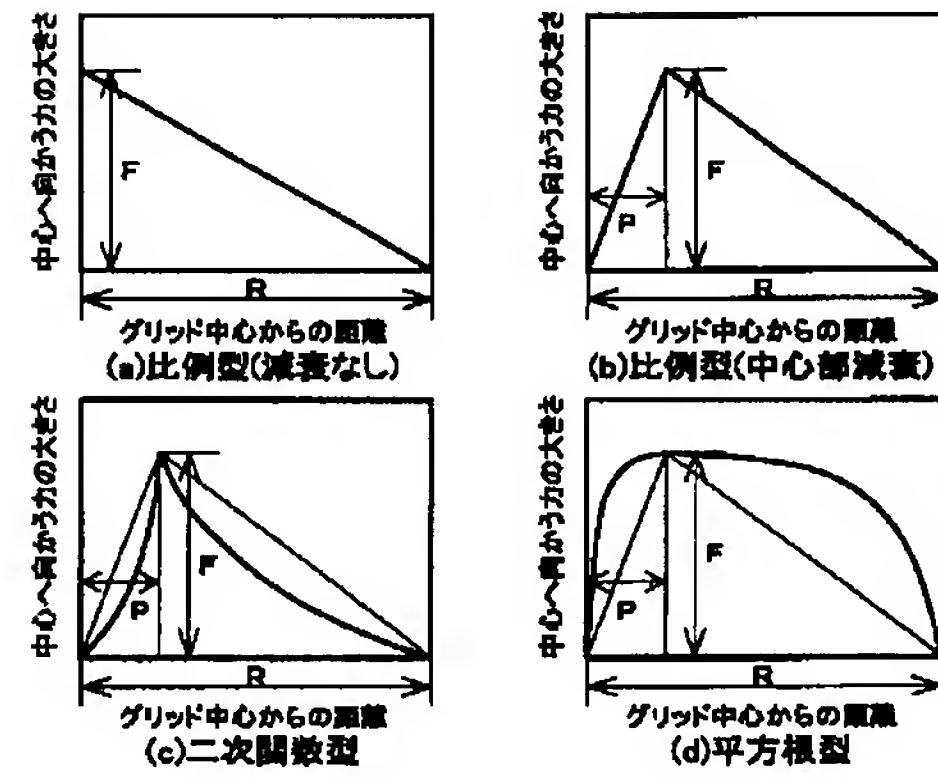
- 1 三次元形状描画システム
- 2 利用者
- 3 スクリーン（表示装置）
- 5 プロジェクタ（表示装置）
- 16 眼鏡（表示装置）
- 17 入力装置
- 19 視点測位手段
- 24 力覚提示装置
- 27 描画手段
- 28 表示制御手段
- 29 グリッド配置手段
- 30 視点制御手段
- 32 力覚制御手段
- 36 第一力覚分布関数
- 37 第二力覚分布関数
- 38 オブジェクト
- G グリッド
- I ポインタ



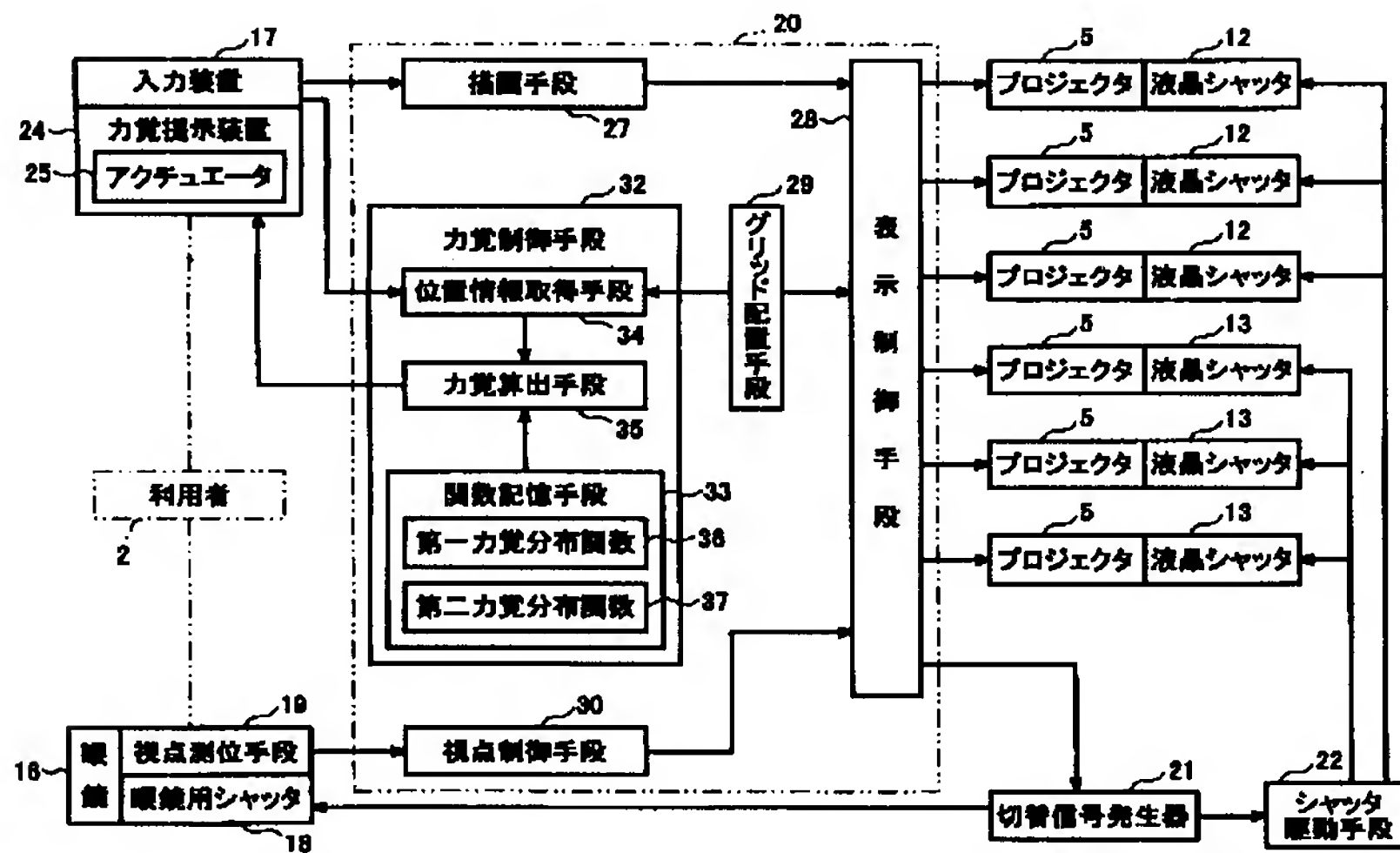
【図1】



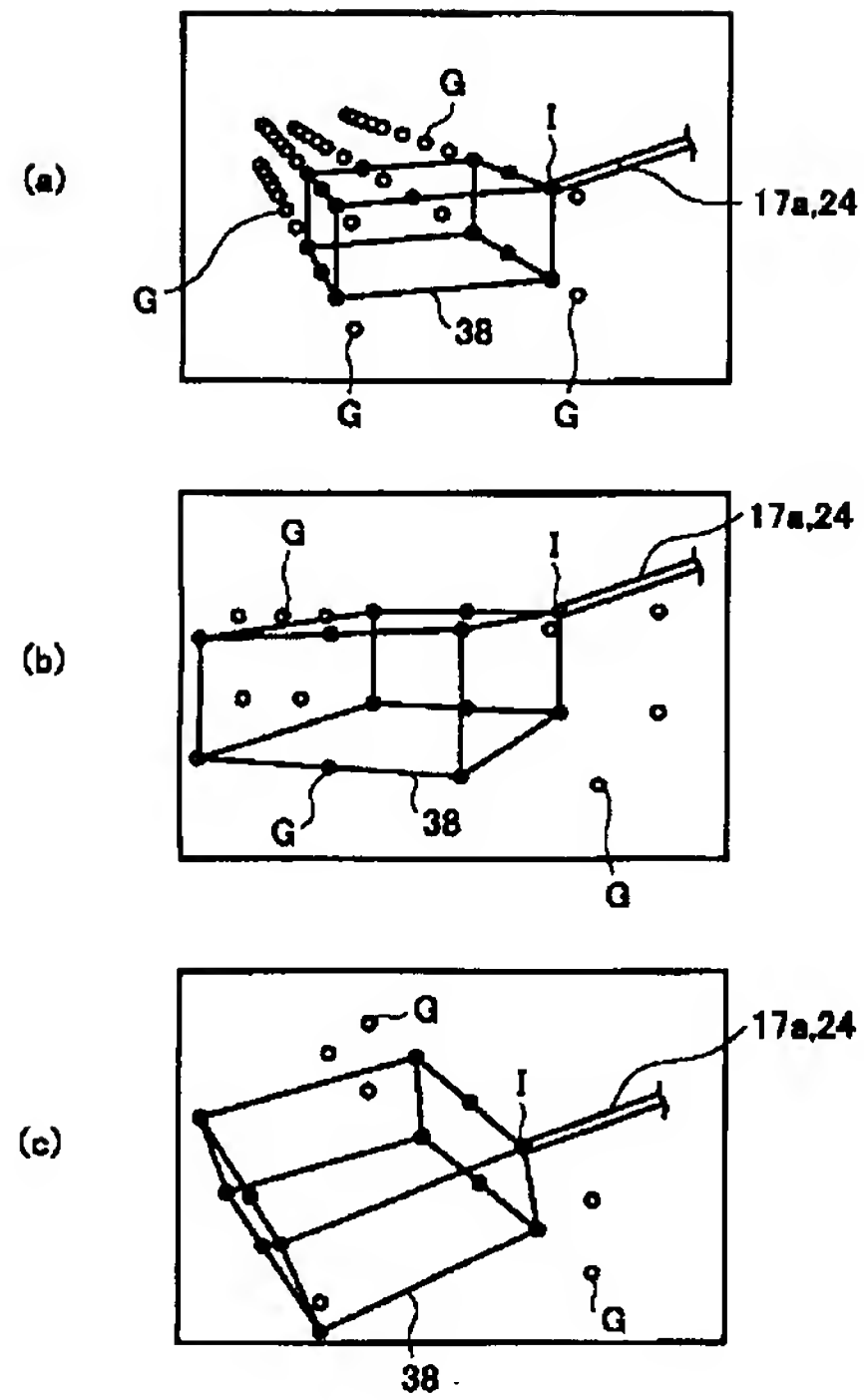
【図4】



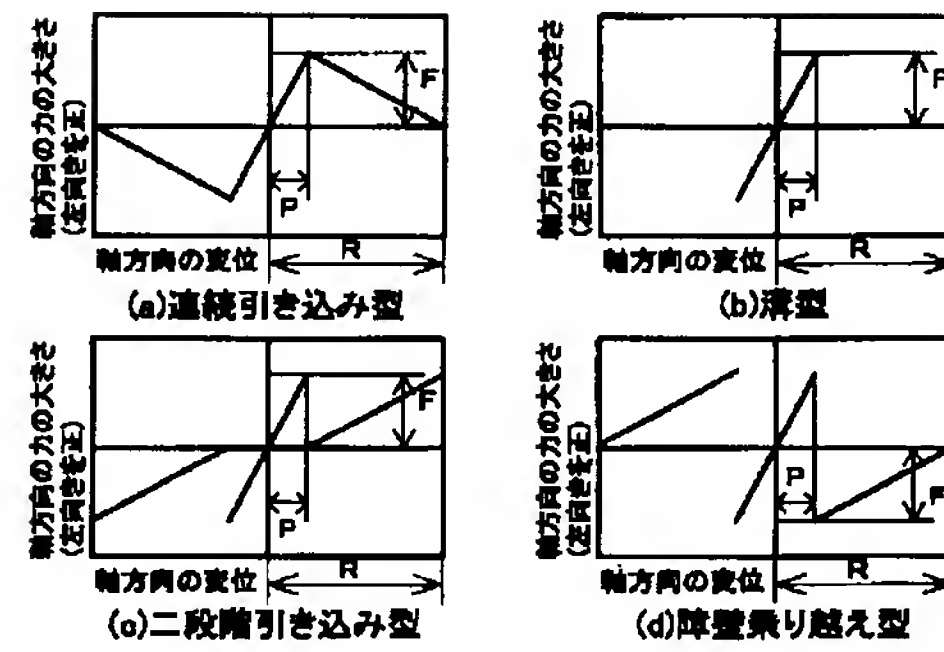
【図2】



【図3】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 壺内 大輔  
 東京都目黒区鷹番 2-14-13

F ターム (参考) 5B046 DA02 GA01 HA00 HA07  
 5B050 BA09 EA27 FA02 FA06 FA08  
 FA15  
 5B087 AA07 AB12 AE07 BC03 CC09  
 DD17 DE09  
 5E501 AC09 AC15 CA02 CB11 CC01  
 CC04 CC08 FA14 FA36 FB42